

**Force-momentum sensor e.g. for measurement of force and momentum acting on component, has resistance strain gages positioned at four studs of force measuring tube**

**Publication number:** DE10012983 (A1)

**Publication date:** 2001-10-04

**Inventor(s):** KULISCH HELMUT [DE] +

**Applicant(s):** KULISCH HELMUT [DE] +

**Classification:**

- international: G01L5/16; G01L5/16; (IPC1-7): G01L5/16; G01L1/22

- European: G01L5/16B

**Application number:** DE20001012983 20000316

**Priority number(s):** DE20001012983 20000316

**Also published as:**

DE10012983 (C2)

**Cited documents:**

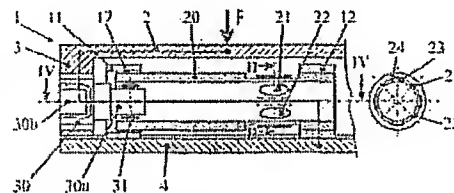
DE2727704 (B2)

DE2529796 (B2)

DE2641342 (A1)

**Abstract of DE 10012983 (A1)**

The force measuring tubes (20) are held by a U-shaped holder through bores (11,12) in 120 deg angle. A screwing bolt (30) is inserted into a side wall (3) of sensor through screw thread provided in free end of tube (30 a). Four resistance strain gages (24) are positioned at four studs (23) of force measuring tube.



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 12 983 A 1

51 Int. Cl. 7:  
G 01 L 5/16  
G 01 L 1/22

21 Aktenzeichen: 100 12 983.8  
22 Anmeldetag: 16. 3. 2000  
43 Offenlegungstag: 4. 10. 2001

DE 100 12 983 A 1

71 Anmelder:  
Kulisch, Helmut, 82362 Weilheim, DE

72 Erfinder:  
gleich Anmelder

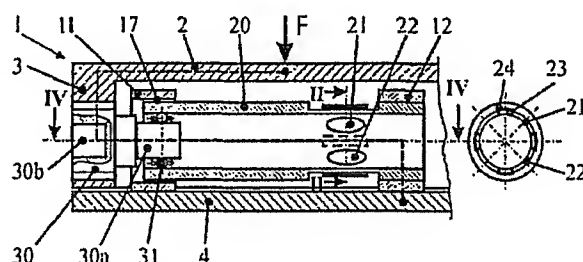
56 Entgegenhaltungen:  
DE 27 27 704 B2  
DE 25 29 796 B2  
DE 26 41 342 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Kraft-Momenten-Sensor

57 Ein Kraft-Momenten-Sensor (1), bestehend aus einem Gehäusedeckel (2), einer Seitenwand (3) und einem Gehäuseboden (4) hat zur Messung von Kräften und Drehmomenten drei in einem Winkel von 120° zueinander angeordnete Kraftmessrohre (20), die mit ihren, dem Gehäuse-Mittelpunkt zugewandten Enden fest mit dem Gehäuseboden (4) verbunden sind, und die an den anderen, freien Enden Schäfte (30a) von in die Seitenwand (3) eingesetzten Schraubbolzen (30) in sich aufnehmen und mit diesen über eine Kreislinie in Kontakt sind. Die Kraftmessrohre (20) sind nahe den fest eingespannten Enden mit zwei rechtwinklig zueinander angeordneten Quer-Bohrungen (21 und 22) versehen, die die Mantelfläche des Kraftmessrohres (20) auf vier Stege (23) reduziert, auf denen dann Dehnmessstreifen (24) zur Messung von je zwei Lagerkraftkomponenten angebracht sind. Aus den insgesamt sechs Lagerkraftkomponenten kann die äußere Last, bestehend aus je drei Komponenten einer resultierenden Kraft und eines resultierenden Drehmoments berechnet werden.



DE 100 12 983 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kraft-Momenten-Sensor gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Ein solcher Kraft-Momenten-Sensor ist aus einem in der DE 25 29 796 B2 beschriebenen Beispiel bekannt. Dort ist eine konzentrisch im Gehäuse angebrachte Nabe und ein mit der Nabe starr verbundenes Speichenkreuz vorhanden, das die Wägeplatte trägt. Die Messung der Kräfte erfolgt indirekt durch insgesamt mindestens sechs Weggeber. Die gesamte Konstruktion ist, wie insbesondere auch aus der Zeichnung ersichtlich, sehr aufwendig und offenbar statisch überbestimmt.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Kraft-Momenten-Sensor zu schaffen, der es ermöglicht, auf ihn wirkende Kräfte und Momente bzw. deren Komponenten mit einer einfachen Vorrichtung exakt zu messen.

[0004] Die Lösung dieser Aufgabe ist im Patentanspruch 1 angegeben. Bei dem erfindungsgemäßen Kraft-Momenten-Sensor sind drei Kraftmessrohre im Winkel von  $120^\circ$  zueinander angeordnet, die über je ein, dem Gehäuse-Mittelpunkt zugewandtes Ende mit dem Gehäuseboden fest verbunden sind. Sie nehmen über die anderen, freien Enden je einen Schraubbolzen auf, der in der Seitenwand des Gehäusedeckels eingesetzt ist und nur Kräfte quer zu den Kraftmessrohren übertragen kann. Die Kraftmessrohre sind nahe den fest eingespannten Enden mit zwei rechtwinklig zueinander angeordneten Quer-Bohrungen versehen, die den Rohrquerschnitt auf vier Stege reduzieren. Dort werden Dehnmessstreifen fixiert zur Messung der auf das Kraftmessrohr übertragenen Querkraft nach Betrag und Richtung, wobei je zwei gegenüberliegende Dehnmessstreifen eine Komponente dieser Querkraft messen. Über die insgesamt sechs so bestimmten Lagerkraftkomponenten kann die resultierende, von außen einwirkende Last, bestehend aus je drei Kraft- und Momentenkomponenten, berechnet werden.

[0005] Eine auf den Gehäusedeckel wirkende Kraft wird über die Gehäuseseitenwand und die darin eingesetzten Schraubbolzen auf die Kraftmessrohre übertragen und von dort über die je vier Stege und die Einspannstellen der Kraftmessrohre zum Gehäuseboden abgeleitet, wobei die Stege entsprechend Größe und Richtung der vom Kraftmessrohr aufgenommenen Querkraft paarweise gedehnt und gestaucht werden und diese elastischen Verformungen über die elektrisch angeschlossenen Dehnungsmessstreifen als Lagerkraft-Komponenten messbar sind.

[0006] Der wesentliche Vorteil des erfindungsgemäßen Kraft-Momenten-Sensors besteht neben seiner einfachen Bauweise in der statisch bestimmt ausgeführten Lagerung des Gehäusedeckels. Einerseits ist dadurch gewährleistet, daß die Realisierung der Kraft- und Momentenbestimmung mit der geringstmöglichen Anzahl zu messender Lagerkräfte erfolgt, so daß die auf dem Fehlerfortpflanzungsgesetz basierende Messunsicherheit minimal wird. Andererseits werden so auch die bei statisch überbestimmter Lagerung durch Herstellungstoleranzen bedingten Vorspannungen und die damit verbunden Nachteile, wie z. B. vorspannungsabhängige Messbereichseinschränkung und Temperaturabhängigkeit vermieden. Zudem ermöglicht erst eine vorspannungsfreie Lagerung die Realisierung einer funktionsfähigen Schutzvorrichtung zur Vermeidung von überlastbedingten Zerstörungen der Kraftmessrohre. Letztere legen sich bei einer Überlastung des beschriebenen Kraft-Momenten-Sensors mit ihren freien Enden an die Innenwände dafür vorgesehener Bohrungen an, die dann die Überlast direkt in den Gehäuseboden ableiten.

[0007] Diese und weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Ansprüchen 2-5 gekennzeichnet

und werden nachstehend, gemeinsam mit dem Gesamtkonzept anhand mehrerer Zeichnungen erläutert.

[0008] Es zeigen:

[0009] Fig. 1 ein Kraftmesselement in einem Teilschnitt durch eine erste, modulare Ausführungsform des Kraft-Momenten-Sensors

[0010] Fig. 2 einen Schnitt entsprechend den Linien II-II durch die Fig. 1

[0011] Fig. 3 eine alternative Ausführungsform des Schraubbolzens in einem Teilschnitt durch das Ende eines Kraftmesselements ähnlich Fig. 1

[0012] Fig. 4 einen Teilschnitt durch den Kraft-Momenten-Sensor und das Kraftmesselement entsprechend den Linien IV-IV der Fig. 1

[0013] Fig. 5 einen Gesamtschnitt durch die erste, modulare Ausführungsform des Kraft-Momenten-Sensors

[0014] Fig. 6 einen Gesamtschnitt durch die zweite, integrale Ausführungsform des Kraft-Momenten-Sensors

[0015] Fig. 1 zeigt einen Teilschnitt durch den Kraft-Momenten-Sensor 1 mit einem Gehäusedeckel 2, einer Seitenwand 3 und einem Gehäuseboden 4. In der dargestellten Ausführungsform bilden der Gehäusedeckel 2 und die Seitenwand 3 ein Bauteil. In das Gehäuse des Kraft-Momenten-Sensors 1 sind, wie aus der Fig. 5 ersichtlich, drei Kraftmesselemente 10 in einem Winkel von  $120^\circ$  zueinander eingebaut. Das Kraftmesselement 10 besteht, wie aus der Fig. 4 besser ersichtlich ist, aus dem Kraftmessrohr 20 und einem U-förmigen Halter 13, der das Kraftmessrohr über zwei Bohrungen 11 und 12 aufnimmt. Der Halter 13 ist durch eine Schraube 14 mit dem Gehäuseboden 4 verbunden, wobei zwei Passstifte 15 und 16 die genaue Lage des Kraftmesselementes 10 fixieren.

[0016] Das Kraftmessrohr 20 ist in den Halter 13 so eingesetzt, daß das zur Mitte des Kraft-Momenten-Sensors 1 weisende Ende fest in der Bohrung 12 und das entgegengesetzte Ende mit einem Spalt 17 in der Bohrung 11 gelagert ist. Nahe dem fest gelagerten Ende ist das hier im Außendurchmesser reduzierte Kraftmessrohr 20 mit zwei rechtwinklig zueinander angeordneten Quer-Bohrungen 21 und 22 versehen. Durch diese Bohrungen wird der Querschnitt des Kraftmessrohrs 20 auf vier Stege 23 reduziert, auf denen vier Dehnmessstreifen 24 angebracht sind (siehe Fig. 1, 2 und 4).

[0017] In das freie Ende des Kraftmessrohrs 20 ragt ein in die Seitenwand 3 über ein Passgewinde eingesetzter Schraubbolzen 30, der mit einem abgesetzten Schaft 30a versehen ist.

[0018] Zwischen dem abgesetzten Schaft 30a und dem Inneren des Kraftmessrohrs 20 ist eine einreihige Kugelführung 31 mit hoher Passgenauigkeit eingesetzt. Sie minimiert die in Längsrichtung zwischen dem Kraftmessrohr und dem Schraubbolzen auftretenden Reibungskräfte. Der Schraubbolzen 30 ist mit einem Innenvierkant 30b versehen.

[0019] Bei einer Belastung des Kraft-Momenten-Sensors 1 durch eine Kraft F wird diese entlang der in Fig. 1 dargestellten, gestrichelten Linie durch den Gehäusedeckel 2 und die Seitenwand 3 in den Schraubbolzen 30 und weiter über die Kugelführung 31 in das Kraftmessrohr 20 geleitet. Die Stege 23 des über die Bohrung 12 im Halter 13 eingespannten Kraftmessrohrs 20 werden je nach Größe und der Richtung der Kraft F paarweise gedehnt und gestaucht, wodurch sich die elektrischen Widerstände der Dehnungsmessstreifen 24 den Dehnungen entsprechend ändern. Je zwei auf gegenüberliegenden Stegen befestigte Dehnungsmessstreifen werden in eine, in einem Verstärker integrierte Wheatstone'sche Brücke geschaltet und vertrimmen diese proportional zu den übertragenen Stegkräften. Der Übersichtlichkeit wegen ist die in bekannter Weise vorzunehmende Verdrahtung hier nicht dargestellt. Nach der Einwirkung der Kraft F auf die

Dehnmessstreifen 24 wird diese in den Gehäuseboden 4 abgeleitet. Bei zu großer Kraft F legt sich das Kraftmessrohr 20 an die Innenwand der Bohrung 11 an, wodurch die Überlast direkt in den Gehäuseboden 4 abgeleitet und eine Überdehnung der Stege vermieden wird.

[0020] In Fig. 3 ist der Schraubbolzen 30 alternativ mit einem kugelförmigen Schaft 30c versehen, der sich genau dem Inneren des Kraftmessrohres 20 anpaßt. Diese Ausführungsform ist im Vergleich zur oben beschriebenen Lagerungsvariante kostengünstiger, führt aber zu höheren Reibungskräften zwischen dem Schaft 30c und dem Kraftmessrohr 20.

[0021] Die Fig. 5 zeigt einen Gesamtschnitt durch den Kraft-Momenten-Sensor 1 entsprechend der in den Fig. 1-4 dargestellten ersten, modularen Ausführungsform. Neben der Seitenwand 3 und den darin eingesetzten Schraubbolzen 30 sind die drei um je 120° zueinander versetzt angeordneten Kraftmesselemente 10 ersichtlich. Im Gehäuseboden 4 ist noch eine Gewindebohrung 4a angebracht, mit dessen Hilfe der Kraft-Momenten-Sensor montiert werden kann.

[0022] Eine zweite, integrale Ausführungsform eines Kraft-Momenten-Sensors 1a zeigt der Gesamtschnitt nach Fig. 6. Unverändert gegenüber der ersten Ausführungsform sind der Gehäusedeckel 2, die Seitenwand 3, die Kraftmessrohre 20 und die Schraubbolzen 30. Es werden aber die die Kraftmessrohre 20 tragenden Halter 13 durch einen Kraftübertragungsring 40 und einen Überlastschutzring 41 ersetzt, die mit dem Gehäuseboden 4 ein Bauteil bilden. Die Kraftmessrohre 20 sind mit ihrem einen Ende fest in Bohrungen des Kraftübertragungsringes 40 gelagert und ragen mit ihrem freien Ende in Bohrungen des Überlastschutzrings 41, wobei ein ringförmiger Spalt 42 entsteht. Dieser wird, wie in der ersten Ausführungsform beschrieben, bei einer Überlastung des Kraft-Momenten-Sensors überbrückt, so daß die Überlast dann direkt in den Überlastschutzring 41 und den Gehäuseboden 4 abgeleitet wird.

3. Kraft-Momenten-Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftmessrohre (20) einseitig fest gelagert sind in Bohrungen eines auf dem Gehäuseboden (4) aufgesetzten Kraftübertragungsringes (40) und an ihren freien Enden in Bohrungen eines ebenfalls auf dem Gehäuseboden (4) aufgesetzten Überlastschutzrings (41) ragen, wobei dort ein dem Überlastschutz dienender ringförmiger Spalt (42) entsteht, der die lastbedingte Auslenkung des Kraftmessrohres (20) begrenzt.

4. Kraft-Momenten-Sensor nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schraubbolzen (30) über ein Passgewinde fest in die Seitenwand (3) eingesetzt und mit einem eingelassenen Innenvierkant (30b) versehen sind, und daß die abgesetzten Schäfte (30a) über eine einreihige Kugelführung (31) in den freien Enden der Kraftmessrohre (20) gelagert sind.

5. Kraft-Momenten-Sensor nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die in den freien Enden der Kraftmessrohre (20) gelagerten Schäfte (30c) kugelförmig ausgeführt sind.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

#### Patentansprüche

1. Kraft-Momenten-Sensor, bestehend aus einem Gehäuse mit Gehäusedeckel, Gehäuseboden und Seitenwand, sowie aus drei im Gehäuse in einem Winkel von 120° zueinander angeordneten Kraftmesseinrichtungen, bestehend aus je einer Halterung und einem darin eingesetzten Kraftmessrohr (20), **dadurch gekennzeichnet**, daß sein dem Gehäuse-Mittelpunkt zugewandtes Ende fest mit dem Gehäuseboden (4) verbunden ist, während das andere, freie Ende den Schaft (30a, oder 30c) eines in die Seitenwand (3) eingesetzten Schraubbolzens (30) in sich aufnimmt und mit diesem über eine Kreislinie in Kontakt steht, und daß das Kraftmessrohr (20) nahe dem fest gelagerten Ende mit zwei rechtwinklig zueinander angeordneten Quer-Bohrungen (21 und 22) versehen ist, die die Mantelfläche des Kraftmessrohres (20) auf vier Stege (23) reduziert, auf denen dann Dehnmessstreifen (24) zur Messung der je zwei Lagerkraftkomponenten aufgebracht sind.
2. Kraft-Momenten-Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kraftmesselement (10) bestehend aus einem Halter (13) und einem Kraftmessrohr (20) mit Schrauben (14) und Passstifte (15 und 16) auf dem Gehäuseboden (4) befestigt wird, und daß das Kraftmessrohr (20) an einem Ende fest in eine erste Bohrung (12) des Halters (13) eingesetzt ist und am anderen Ende in eine zweite Bohrung (11) des Halters (13) ragt, wobei dort ein dem Überlastschutz dienender ringförmiger Spalt (17) entsteht, der die lastbedingte Auslenkung des Kraftmessrohres (20) begrenzt.

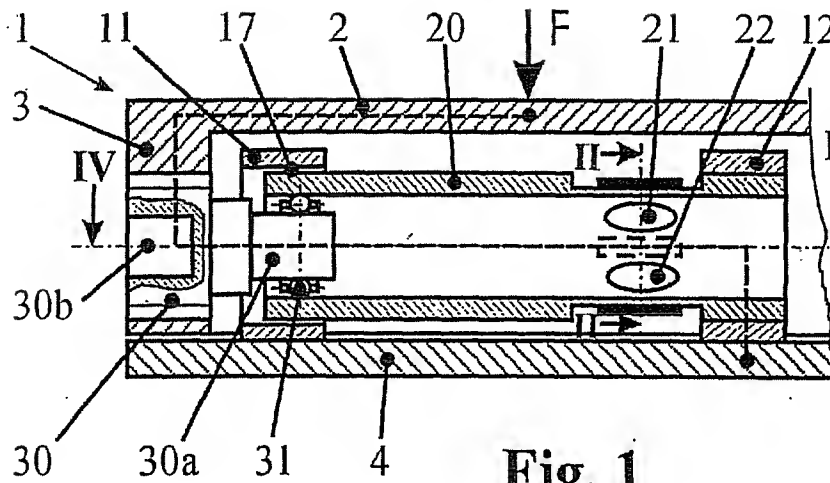


Fig. 1

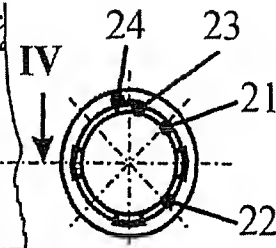


Fig. 2

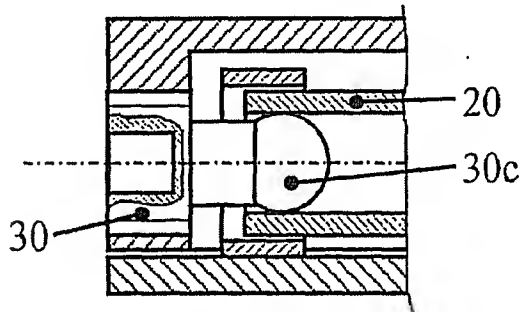


Fig. 3

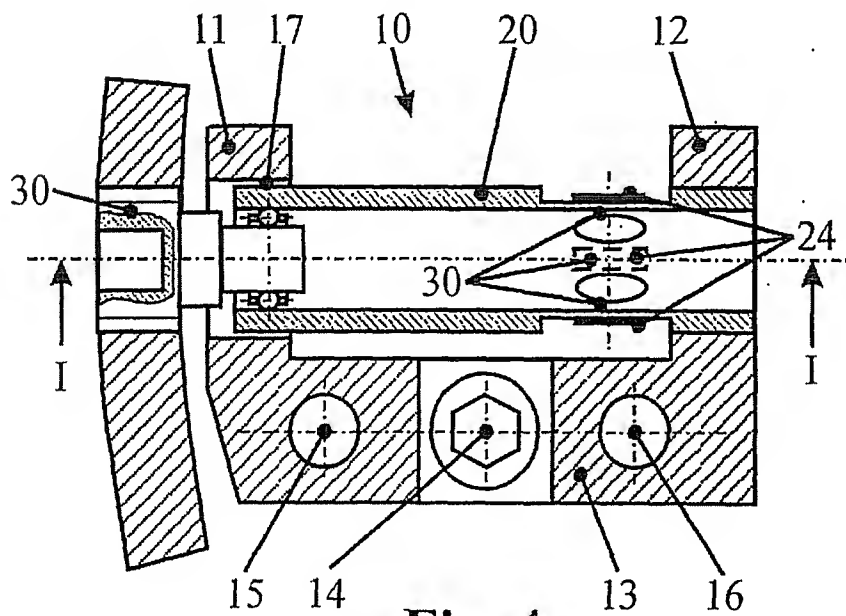
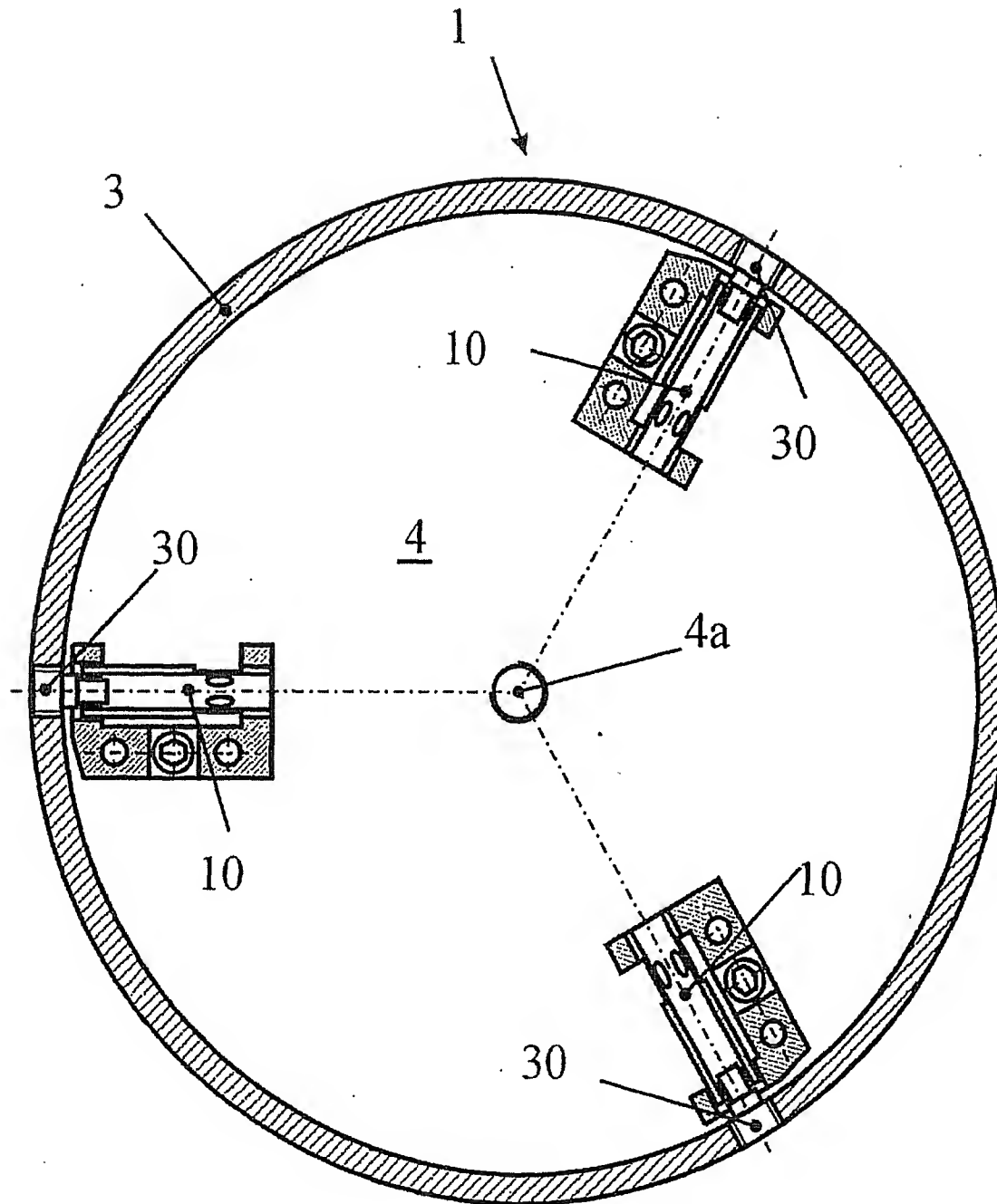


Fig. 4



**Fig. 5**

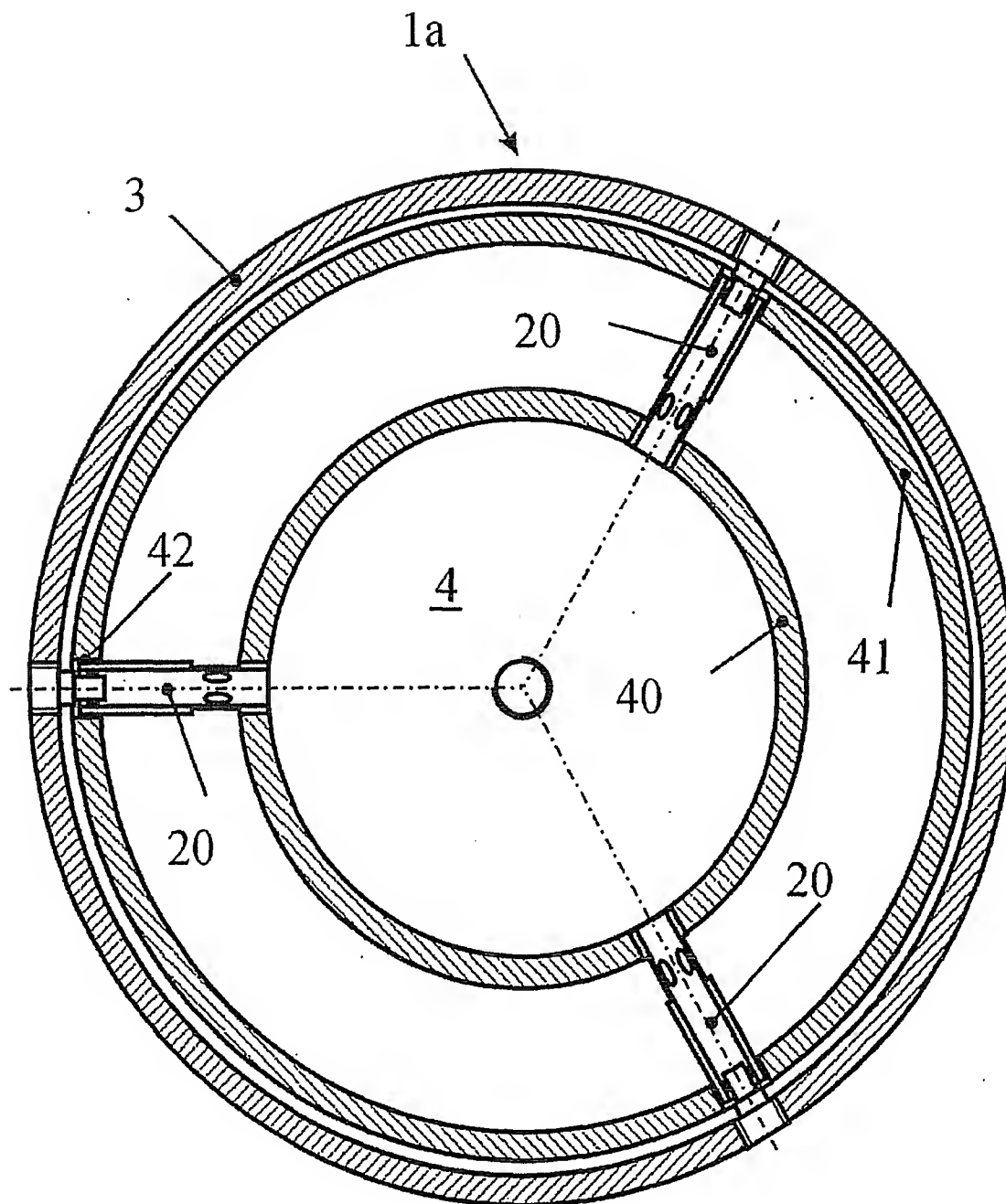


Fig. 6